

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»Інститут Електроенергетики
(інститут)Електротехнічний факультет
(факультет)Кафедра електропривода
(повна назва)**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)**студента** Лукашенка Івана Володимировича
(ПІБ)**академічної групи** 141-17ск-1
(шифр)**спеціальності** 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)**спеціалізації**¹ _____**за освітньо-професійною програмою** _____**на тему** _____ (офіційна назва)
Системи обліку електроенергії в сільських мережах 0,4кВ з підключеними
фотоелектричними станціями

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ковальов О.Р.			
розділів:	Ковальов О.Р.			
Вступ:	Ковальов О.Р.			
Технологічний	Ковальов О.Р.			
Спеціальний	Ковальов О.Р.			
Економічний	Дементьєва Н.В.			
Охорона праці	Стовбченко О.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер				
	Олішевський Г.С.			

Дніпро
20_____

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
електропривода
(повна назва)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту _____ академічної групи _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____

спеціалізації¹ _____
за освітньо-професійною програмою _____
(офіційна назва)

на тему _____

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання

Завдання видано _____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 15 жовтня 2018

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається з розрахунково-пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 73 аркушах формату А4, яка вміщує 5 розділи, 15 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 14 аркушах.

У випускній роботі бакалавра проведено модернізацію об'єкта проєктування шляхом підключення фотоелектричної станції на 30 кВт. В даній роботі стоїть задача осучаснення об'єкта проєктування, зниження витрат будівлі на електроенергію та забезпечення об'єкта проєктування екологічно чистим видом енергії. В пояснювальній записці було виконано розрахунок і вибір елементів системи сонячної станції, проаналізовано небезпеку під час експлуатації ФЕС та виконано розрахунок капіталовкладень.

Ключові слова: СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, ФЕС, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА, ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИЙ ВИД ЕНЕРГІЇ, ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ.

Анотація

В кваліфікаційній роботі бакалавра представлено технічне рішення, щодо обліку електроенергії в сільських мережах 0,4кВ з підключеними фотоелектричними станціями. Було обрано панелі які були порівняні з іншими аналогами, обрано мережевий інвертор, для більш якісної роботи пенелей. Далі обиралась захисна апаратура та проводка на високій та низькій стороні.

ABSTRACT

The final qualifying paper of the bachelor's degree represents a technical solution related to power quality improvement in rural networks 0,4 kv with connected photovoltaic power station. Compared with other analogues, the panels have been chosen. The grid tie inverter was selected and solar tracking system was decided to set up for efficient work of panels. Then, the protective gear, high-side and low-side wiring were selected. A positive result is obtained by implementation of solar power stations which adjust UES's total generation capacity curve .

Зміст

ВСТУП.....	6
1. Технологічна частина.....	8
1.1 Постановка задачі.....	8
2. Спеціальна частина.....	13
2.1 Розрахунок і планування фотоелектричних установок.....	13
3. Двосторонні лічильники.....	43
4. Охорона праці.....	53
5. Економічна частина.....	59
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	75
7. ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	76

Вступ:

На нашій планеті процес зростання чисельності населення відбувається постійно та дуже швидко, що призводить до зменшення кількості доступних енергоносіїв та природних ресурсів. Розвиток технології викликає збільшення споживання енергії, а з іншого боку - збільшення витрат. В цих умовах актуальним стає об'єктивний облік спожитих ресурсів, посилення контролю за їх раціональним використанням, зручністю обліку та оплати комунальних послуг та вжиття ефективних заходів для запобігання несанкціонованому відбору.

Ефективним методом виконання цих завдань є створення системи, яка відображає в реальному часі поточне споживання електроенергії, води, газу та тепла. Наявність такої інформації дозволяє регулювати потужність енергопостачання і, таким чином, знижувати питому вартість транспортування, своєчасно виявляти та усувати несправності лічильника, виявляти спробу крадіжок, контролювати оплату споживачем енергії.

Встановлення лічильників (ПУ) - важливі пристрої для підвищення надійності облікового процесу. Однак локально розподілені лічильники не дають змоги фіксувати та обстежувати поточні показники і таким чином контролювати роботу, забезпечують одночасне зчитування показників та обробку отриманих даних. У кращому випадку можлива лише щотижнева екскурсія по об'єктах обліку із здійсненням напіваавтоматичного збору даних, накопичених за звітний період, що вимагає невиправданих витрат з боку виконавчої організації.

Як результат, впровадження системи, яка створювала б умови для інтеграції в локальні вимірювальні вузли для створення єдиного вимірювально-інформаційного простору для одноразового, безперервного, автоматичного

контролю за технологічними процесами виробництва, транспортування та споживання енергоресурсів. , а також організація комерційних розрахунків між споживачами та постачальниками ресурсів

Використання автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, що мінімізує участь людини на етапі вимірювання, збору та обробки даних та забезпечує точну, швидку та доступну, адаптовану до різних систем тарифного обліку. Система, розроблена в дисертації, створена для вирішення вже існуючих і знову виникаючих проблем в сучасних умовах енергетичного ринку:

- усунення недооціненого споживання електроенергії побутовим сектором;
- контроль побутових мереж для виявлення несправедливого споживання тепла, води, газу та електроенергії;
- моніторинг споживання та своєчасної оплати домогосподарствам за споживання тепла, води, електроенергії та газу;
- регулювання споживання енергії шляхом відключення боржників від мереж електро-, водо- та теплопостачання та газових мереж;
- створення балансу електроенергії для будинків, районів, підстанцій;
- планування споживання енергії;
- зменшення витрат на покращення систем зберігання, збір та передачу даних про фактичне споживання води, електроенергії та тепла до верхнього рівня;
- збір даних обліку електроенергії з лічильників за допомогою таких каналів зв'язку: радіоканал, Ethernet, PLC, RS485;

- можливість збирати інформацію, не втрачаючи точності показань, незалежно від кількості споживачів у ній;
- дистанційний моніторинг балансу;
- наявність незалежної пам'яті у використаних вимірювальних пристроях, що запам'ятовує всі несанкціоновані дії;
- дистанційне управління підключенням або відключенням абонентів до та від мереж енергопостачання;

можливості необмеженого розширення мережі опитування.

1. Технологічна частина

1.1 Постановка задачі

Темою дипломного проекту є – «Системи обліку електроенергії в сільських мережах 0,4кВ з підключеними фотоелектричними станціями». Місце виконання дипломного проекту пгт. Славгород, Синельниківського району Дніпропетровської області. Так як цей населений пункт знаходиться в Синельниківському районі тому робота буде виконуватися з цією мережею. Проект мережевої фотоелектричної сонячної електростанції (ФЕС) «ТОВ Нива » ,за приклад було взято ділянку в 0,10 га з установленими на цій території сонячними панелями.

Обґрунтування планової потужності сонячних панелей

Кількість ФЕМ потужністю 0,280 кВт – $N_{ФЕМ} = 116$ шт.

Встановлена потужність ФЕМ – $P_{ФЕМ} = 30$ кВт(пік)

Кількість інверторів Trannergy 30 кВт – 1 шт.

Проведене попереднє моделювання ФЕС показало, що з урахуванням особливостей земельної ділянки, а також вимог щодо розміщення сонячних панелей (кут нахилу, відступи між рядами) на запропонованій земельній ділянці можна розмістити 116 стандартних сонячних батарей Seraphim Solar потужністю 280 Вт кожна.



Рис. 1 - Приклад панелі Seraphim Solar.

Таблиця 1 - Технічні характеристики Seraphim_Solar SRP-6PB-HV.

Параметри панелі:	
Номінальна потужність, Вт	280
Напруга при розімкненому контурі, В	47,75
Струм короткого замикання, А	10
Напруга при максимальній потужності, В	39,9
Струм при максимальній потужності, А	9,4
Максимальний ККД, %	18,8
Коефіцієнт втрати потужності в залежності від нагрівання, ° С	0,39%
Робочі параметри навколишнього середовища, ° С	-40 ... + 85



Рис. 2 –Мережевий інвертор Trannergy TR14030RTL

Таблиця 2 - Технічні характеристики Trannergy TR14030RTL

Параметри	
Номінальна потужність P_n (AC), Вт	30000
Максимальна потужність P_{max} (DC), Вт	34500
Максимальна сила струму на с стороні DC $I_{max.DC}$, А	45,5
Максимальна сила струму на с стороні AC $I_{max.AC}$, А	48
Максимальна сила струму I_{max} , А	45,5
ККД, %	97,6
Кількість MPPT	2
Ступінь захисту IP	IP65
Комунікації, Wi-Fi	опціонально
Вага, кг	61,6

Ціна, грн	62106,4
-----------	---------



Рис. 3 – Схема сонячної електростанції

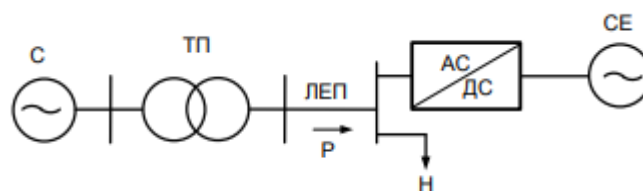


Рис. 4 – Схема підключення сонячної електростанції до ЕЕС

Перелік основного обладнання і складових частин

Мережева сонячна електростанція складається з наступного технологічного обладнання:

- Сонячні батареї, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в постійний електричний струм. В даному проекті пропонується використовувати сонячні батареї Seraphim Solar потужністю 280 Вт.
- Збірні стаціонарні опорні металоконструкції з алюмінієвих анодованих і сталевих гарячооцинкованих елементів, які служать для розміщення і надійної фіксації сонячних батарей в робочому положенні при будь-яких очікуваних

атмосферні явища, унеможливлюючи їх перекидання або підняття в повітря. Вимоги до фундамента опорної металоконструкції визначаються на підставі даних по кліматичним характеристикам ділянки будівництва.

- Для перетворення постійного струму в перемінний трифазний струм синусоїдальної форми з характеристиками, заданими в електромережах України, використовуються інвертори. В даному розрахунку представлений інвертор Trannergy 30 кВт.
- Система моніторингу роботи сонячної електростанції необхідна для постійного контролю (в режимі реального часу) правильності роботи всіх компонентів станції, а також збору, зберігання і обробки інформації з вироблення електроенергії, як кожного з елементів, так і всієї ФЕС комплексно. Система моніторингу виконана в вигляді трьох фазного лічильника який дистанційно відсліджується в Синельниківському РЕС. Для установки цього лічильника треба оформляти заявку в РЕС. Далі він програмується щоб показувати показники напруги на кожній фазі, пікову напругу вночі і вдень, установлюють «зелений тариф» для піку і пів піку.
- Кабелі - постійного і змінного струму.
- Периметр ФЕС (паркан, ворота, система освітлення, система відеоспостереження).
- Інші допоміжні системи (заземлення, блискавкозахист і т.п.).

По ходу проходження практики були виявлені деякі недоліки системи, які можливо вирішити в дипломному проєкті. Було звернуто увагу на устарілі системи захисту і проводка, перепади напруги при включенні електропристроїв з великою потужністю.

2. Спеціальна частина

В даному дипломному проєкті було вирішено встановити 30 кВт-у ФЕС. Так як територія школи обмежена її місце розташування було обрано дах. Під час проходження практики було проаналізовано стан даху і його затіненість з південної сторони. Покрівля даху виконана з металочерепиці, затіненість відсутня, це означає що недоліків під час монтажу і експлуатації не буде.

2.1 Розрахунок і вибір фотоелектричних установок

Розрахунок і планування фотоелектричних установок з оформленням Зеленого тарифу відбувається на підставі існуючого законодавства, технічних норм, поточного проєкту будівлі. Основним вимога для таких сонячних установок є наявність мережі і прямого договору з постачальником електроенергії.

На сьогоднішній день фотоелектричні установки можуть бути розташовані як на даху, так і на спеціальних наземних конструкціях. Обидва варіанти дозволені законодавством. В першу чергу використовуються скати даху орієнтовані на Південь, тобто ті, продуктивність яких на поточний рік буде максимальною. Далі вже можна використовувати південно-східні і південно- західні скати [посилання(ДСЕ МУ 2019)].[1]



Рис. 5 – Принципова схема промислової мережевої ФЕС

2.1.2 Розрахунок продуктивності ФЕС

Точні розрахунки та інжиніринг систем енергопостачання з відновлювальними джерелами енергії є запорукою їх продуктивної та безаварійної експлуатації, істотної економії ресурсів і мінімізації зовнішнього енергоспоживання. Для правильного розрахунку таких систем енергопостачання і обліку різних параметрів, що впливають на їх продуктивність, використовуються спеціальні програми, автокалькулятори і статистичні метеодані - сонячна інсоляція, швидкість вітру, температура та інші умови. Не існує єдиного підходу до розрахунку всіх типів систем, тому виділимо основні параметри.

2.1.2.1 Кут нахилу панелей

Кут нахилу розраховується за наступною формулою:

$$\text{Кут нахилу панелі} = \text{широта} \cdot 0,76 + 3,1^{\circ}, \text{ де} \quad (1)$$

Широта – географічна координата регіону, в нашому випадку це Дніпропетровська область, отже широта 48° , із таблиці 1 [посилання(ДСЕ МУ 2019)].[1]

$$\text{Кут нахилу панелі} = 48 \cdot 0,76 + 3,1 = 39,6^\circ$$

2.1.2.2 Орієнтація за сторонами світу

Визначаємо поправочний коефіцієнт K_w при орієнтації панелей за сторонами світу.

Поправочний коефіцієнт визначається за: орієнтацією панелей за сторонами світу за оптимального кута нахилу і широтою місцевості. Для цього скористуємося діаграмою.

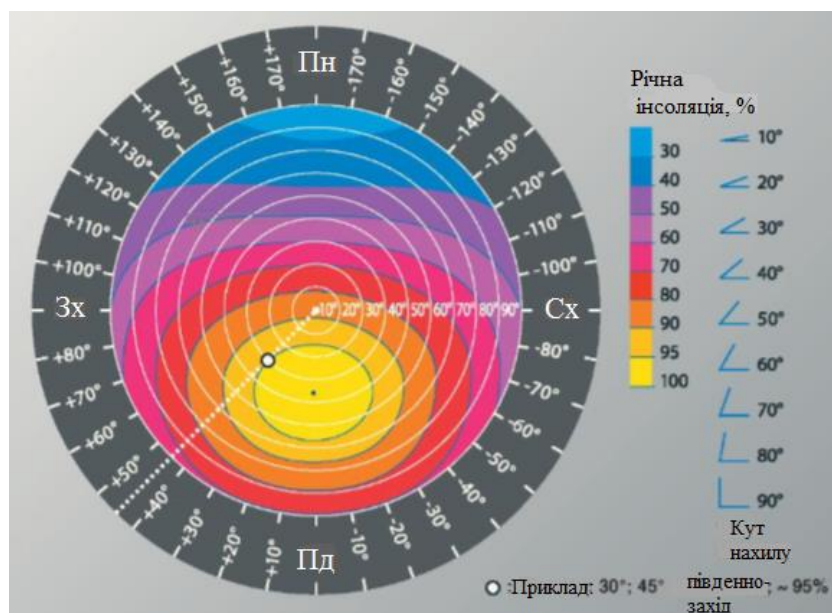


Рис.6 – Діаграма визначення поправочного коефіцієнта на розташування сонячних фотомодулів.

Отже, при куті нахилу панелей $39,6^\circ$ і розташуванням їх на південь – поправочний коефіцієнт K_w буде дорівнювати 100%.

2.1.2.3 Номінальні параметри ФЕС

ФЕС повинна відповідати наступним параметрам:

- STC (Standard Test Conditions), що визначає стандартні тестові умови: рівень інсоляції повинен бути 1000 Вт на м²; - температура сонячного модуля – 25°C; - спектр випромінювання повинен відповідати відносній масі атмосфери;
- NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) - температура модуля при типових умовах експлуатації, яка стала однією з основних характеристик панелей. Умови NOCT: - інсоляція 800 Вт/м²; - температура повітря 20°C; - орієнтації модуля на ПД.

Очікувана температура модуля обчислюється з NOCT за формулою:

$$T_{PTC} = 20 + 1,389 \cdot (NOCT - 20) \cdot (0,9 - \eta), [^{\circ}C], \text{ де} \quad (2)$$

Значення $(0,9 - \eta)$ - частка сонячної енергії, що досягає модуля і перетворюється в тепло;

Знаходимо потужність по PTC:

$$P_{PTC} = P_{STC} \cdot [1 - C_T (T_{PTC} - 25^{\circ}C)], [Вт], \text{ де} \quad (3)$$

P_{STC} – потужність за умов STC;

C_T – температурний коефіцієнт потужності.

Оптимальним є значення співвідношення

$$P_{PTC} / P_{STC}, \quad (4)$$

що перевищує 88%. Якщо при перерахунку потужності на більш реальний стандарт панель втрачає понад 12% енергії, то її виробника можна вважати недобросовісним і використовувати такі панелі не рекомендується.

Для подальшого проектування, оберемо трьох виробників фотоелектричних панелей, розрахуємо їх за номінальними параметрами і оберемо оптимальний варіант.

2.1.2.4 Розрахунок параметрів і вибір оптимального виробника фотоелектричних панелей

Для розрахунку обираємо фотоелектричні панелі наступних виробників: Amerisolar, Ulica Solar, Seraphim_Solar з технічними даними наведеними в таблиці 3.

Таблиця 3

Технічні дані фотоелектричних панелей.

	Назва виробника		
Параметри	Amerisolar	Ulica Solar	Seraphim Solar
сертифікована потужність P _{STC} , Вт	275	295	280
Максимальний струм I _м , А	9,2	9,5	9,1
Напруга за	38	38	39

STC U_{STC} , В			
NOCT, °C	45	45	45
ККД, $\eta_{фем}$	16,9	18,17	17,1
температурний коефіцієнт потужності S_T , %	0,41	0,395	0,39
Площа панелі S , м ²	1,6	1,6	1,6
Ціна, грн	3654	3870	3210

Підставивши значення у формули (2), (3) і (4), знаходимо очікувану температуру модуля, потужність по РТС та значення $P_{РТС}/P_{STC}$, розрахунок проводимо на прикладі виробника Amerisolar:

$$T_{РТС} = 20 + 1,389 \cdot (45 - 20) \cdot (0,9 - 0,169) = 45,31 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$P_{РТС} = 275 \cdot [1 - 0,41 \cdot (45,31 - 25)] = 252 \text{ Вт};$$

$$\frac{252}{275} \cdot 100 = 92 \%$$

Значення потужності РТС до потужності STC не менше 88%, отже воно є оптимальним, але ні один із стандартів випробувань для фотомодулів не описує їх роботу в реальних умовах, навіть в зимовий сонячний день панелі можуть видавати потужність вище номіналу. Розрахунок для виробників Seraphim Solar і Ulica Solar проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 4.

Таблиця 4

Розрахунок параметрів за РТС для інших виробників фотопанелей

Параметри	Назва виробника
-----------	-----------------

	<u>Seraphim Solar</u>	<u>Ulica Solar</u>
Т _{РТС} , °C	45,69	45,69
Р _{РТС} , Вт	257,8	271,8
Р _{РТС} / Р _{СТС} , %	92	92

Об'єкт проектування знаходиться в Дніпропетровській області, де рівень інсоляції на 1м² досягає 1250 кВт/м²·рік.



Рис.7 - Середня сумарна річна інсоляція для умов України, кВт/(м²·рік)

Завдяки даним із таблиці 5, можна розрахувати середньомісячний рівень сонячної іррадіації (інсоляції).

Таблиця 5

Середньомісячний рівень сонячної іррадіації (інсоляції) в містах України
(кВт·год/(м²·день))

Дані NASA за останні 20 років													
Региони / Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє
Сімферополь	1,27	2,06	3,05	4,3	5,44	5,84	6,2	5,34	4,07	2,67	1,55	1,07	3,58
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,3	5,16	4,68	3,21	1,97	1,1	0,9	3,11
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,7	5,08	3,66	2,27	1,2	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Запоріжжя	1,21	2	2,91	4,2	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	2,94
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,1
Кропивницький	1,2	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,3
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,1	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4	5,4	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,1	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,1	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,3	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6	5,29	4	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,1	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,4	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,8	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2	1,2	0,94	2,94

Знаходимо добовий рівень інсоляції для 30 кВт ФЕС в січні місяці, [кВт·год/доб]:

$$E_{\text{доб}} = E_0 \cdot \eta \cdot \frac{P_{\text{PTC}}}{P_{\text{STC}}} \cdot S \cdot N, \text{ де} \quad (5)$$

E_0 – середньомісячний рівень сонячної інсоляції за січень місяць, для Дніпропетровської області $E_0 = 1,21$ із таблиці 4;

η – ККД сонячної панелі, для виробника Seraphim Solar $\eta = 0,171$ із таблиці 2;

S - площа панелі, $S = 1,6 \text{ м}^2$ із таблиці 2;

N – кількість панелей, що складають 30 мВт ФЕС.

$$N = \frac{P_{\text{ст}} \cdot 1000}{P_{\text{РТС}}}, \text{ де} \quad (6)$$

$P_{\text{ст}}$ – потужність станції.

$$N = \frac{30 \cdot 1000}{252} = 119 \approx 119 \text{ шт}$$

$$E_{\text{доб}} = 1,21 \cdot 0,169 \cdot 0,92 \cdot 1,6 \cdot 119 = 35,82 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{доб}$$

Знаходимо місячний рівень інсоляції для 30 кВт ФЕС за січень, [кВт·год/доб]:

$$E_{\text{міс}} = E_{\text{доб}} \cdot 30 = 35,82 \cdot 30 = 1070,78 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{міс} \quad (7)$$

Місячний рівень інсоляції для інших місяців розраховуємо аналогічно і заносимо до таблиці 5.

Таблиця 6

Рівень інсоляції 30 кВт ФЕС з використанням сонячних панелей виробника Amerisolar.

Дніпро	Дніпро Е0	Едоб, кВт*год/доб	Е, кВт*год/міс	Σ Е Сезон , кВт*год/сез		Σ Е річне , кВт*год/рік
Січень	1,21	35,693	1070,784	3681,373091		35592,50618
Лютий	1,99	58,701	1761,041			
Березень	2,98	87,905	2637,137			
Квітень	4,05	119,468	3584,029			
Травень	5,55	163,715	4911,447			
Червень	5,57	164,305	4929,146	14468,85818		
Липень	5,7	168,140	5044,189			
Серпень	5,08	149,851	4495,523			
Вересень	3,66	107,963	3238,9			
Жовтень	2,27	66,961	2008,826			
Листопад	1,2	35,398	1061,935			
Грудень	0,96	28,318	849,5476			

Просумувавши інсоляцію всіх місяців, можна отримати річну.

$$\Sigma E_{\text{рік}} = 35371,62 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Розрахунок річної інсоляції для виробників Seraphim Solar та Ulica Solar виконуємо аналогічно, а результати заносимо до таблиці 7 і 8.

Таблиця 7

Рівень інсоляції 30 кВт ФЕС з використанням сонячних панелей
виробника Ulica .

Дніпро	Дніпро Е0	Едоб, кВт*год/доб	Е, кВт*год/міс	Σ Е Сезон , кВт*год/сезон	Σ Е річне , кВт*год/рік
Січень	1,21	35,773	1073,2	3689,680271	
Лютий	1,99	58,834	1765,015		
Березень	2,98	88,103	2643,088		
Квітень	4,05	119,737	3592,117		
Травень	5,55	164,084	4922,53		
Червень	5,57	164,676	4940,269	14501,5078	
Липень	5,7	168,519	5055,572		
Серпень	5,08	150,189	4505,667		
Вересень	3,66	108,207	3246,209		
Жовтень	2,27	67,112	2013,359		
Листопад	1,2	35,478	1064,331		
Грудень	0,96	28,382	851,4647		35672,82224

Рівень інсоляції 30 кВт ФЕС з використанням сонячних панелей
виробника Seraphim Solar .

Дніпро	Дніпро Е0	Едоб, кВт*год/доб	Е, кВт*год/міс	Σ Е Сезон , кВт*год/сез		Σ Е річне , кВт*год/рік
Січень	1,21	35,470	1064,109	3658,422857		35370,61714
Лютий	1,99	58,335	1750,063			
Березень	2,98	87,357	2620,697			
Квітень	4,05	118,723	3561,686			
Травень	5,55	162,694	4880,829			
Червень	5,57	163,281	4898,417	14378,65714		
Липень	5,7	167,091	5012,743			
Серпень	5,08	148,917	4467,497			
Вересень	3,66	107,290	3218,709			
Жовтень	2,27	66,543	1996,303			
Листопад	1,2	35,177	1055,314			
Грудень	0,96	28,142	844,2514			

Як можна бачити, за результатами розрахунків, більш за все енергії за рік будуть продукувати панелі виробника Seraphim_Solar, але більш доцільно буде дослідити співвідношення ціни та якості продукції даних виробників. Тому буде проведено розрахунок ціни панелей на 30 кВт ФЕС від представлених вище виробників.

Розраховуємо ціну панелей на 30 кВт ФЕС виробника Amerisolar, тис.грн:

$$Z_{\text{пан}} = N \cdot Z_{\text{о.п.}}, \text{ де} \quad (8)$$

$Z_{\text{о.п.}}$ – ціна однієї панелі, із таблиці [3].

$$Z_{\text{пан1}} = 119 \cdot 3150 = 374,850 \text{ тис. грн};$$

Розраховуємо ціну панелей на 30 кВт ФЕС виробника Ulica Solar,
тис.грн:

$$Z_{\text{пан2}} = 110 \cdot 3870 = 425,700 \text{ тис. грн};$$

Розраховуємо ціну панелей на 30 кВт ФЕС виробника Seraphim Solar,
тис.грн:

$$Z_{\text{пан3}} = 116 \cdot 3210 = 372,360 \text{ тис. грн};$$

Отже, за даними розрахунками в подальшому проектуванні буде використано сонячні панелі марки Seraphim Solar SRP-6PB-HV .

2.2 Вибір мережевого інвертора

Інвертор – пристрій, який перетворює постійний струм на змінний.

2.2.1 Критерії вибору

Вибір інвертора обумовлюється наступним критеріями Бренд;

- Вид (гібрид, автономний, мережевий під зелений тариф);
- Фазність;
- Кількість МРРТ;
- Потужність по постійному струму;
- Потужність по змінному струму;

Додаткові критерії вибору інвертора:

- Технологія перетворення (трансформаторна або безтрансформаторна);
- Вбудований електрозахист;
- ККД перетворення;
- Можливість обмеження генерації;

- Комунікація з ПК, Інтернет;
- Максимальні та мінімальні струми по змінному та постійному струму;
- Сертифікація.

Розглянемо основні критерії.

2.2.1.1 Бренд інвертора

Станом на липень 2018 року на ринку України представлені більше 50 торгових марок. В залежності від рівня розвитку компанії, наявності технологічної бази для досліджень та новацій, виробничих потужностей можна чітко виділити компанії топ рівня, середня ланка та компанії з Китаю.

До топ рівня відносять виробників – SMA, ABB, Fronius. Принципова відмінність даних брендів є широка лінійка моделей, наявність значної гарантії на обладнання, сервісна підтримка, зручні сервіси он-лайн моніторингу роботи інверторів. Перелічені аргументи не є вичерпним і кожна з компаній намагається відрізнитися чимось унікальним:

ABB – підкреслює свій статус одного з найбільшого світового виробників електротехнічного обладнання, а найкращі технології застосовує у своїх мережевих перетворювачах.

SMA – спирається на лідерські позиції продажів інверторів у всьому світі, підкреслюючи розробки німецької інженерної школи.

Fronius – є одним з найкращих виробників зварювальних апаратів на протязі останніх 20 років. Такі автомобілі як Porsche Panamera, Audi A8/R8 – це нова ера в автомобілебудуванні і саме австрійські роботизовані зварювальні апарати обслуговують виробничі конвеєри світових

автогігантів. Інженерний досвід здобутий в зварюванні був поступово впроваджений в розробці сонячних інверторів.

Серед виробників з Китаю, окремо можна виділити інвертор фірми Huawei, який користується популярністю серед українських фірм, які займаються будівництвом фотоелектричних станцій. Серед переваг інвертора фірми Huawei можна відокремити: дуже доступну ціну, непогану надійність, наявність різноманітного програмного функціоналу, але не слід забувати і про недоліки: серед яких сама більша вага на ринку, для прикладу інвертор Huawei SUN2000-33KTL-A важить 78 кг, так як його аналоги мають вагу в середньому 65 кг.

2.2.1.2 Види інверторів

В залежності від призначення виділяють три види:

- Під зелений тариф (feed-in tariff) – вся енергія що генерується сонячними панелями перетворюється та відразу передається в загальну енергомережу;
- автономні – сонячна електрика використовується виключно для власного споживання (обов'язкове використання акумуляюю чого обладнання);
- Гібридні інвертори – можуть працювати і під зелений тариф, а також заряджати АКБ.

2.2.1.3 Фазність інверторів

Інвертори бувають однофазні та трифазні. Вибір залежить від технічних умов приєднання будинку до лінії електропередач. Також треба звертати увагу, що в українських реаліях при однофазному приєднанню

максимальна потужність інвертора по змінному струму не повинна перевищувати 6 кВт. При трьох фазному приєднанню максимальна потужність інвертора не може перевищувати 30 кВт.

2.2.1.4 Кількість MPPT контролерів

MPPT (Maximum Power Point Tracking) контролер – прилад для контролю заряду та якості виробленої енергії, відображає параметри системи та аналізує отриману інформацію. Встановлюється як на стороні постійного струму (DC) так і на стороні змінного струму (AC). На сьогоднішній день більшість виробників інверторів мають влаштовану систему MPP трекерів, це надає системі ряд переваг: збалансованість, зручність в експлуатації, легкість налаштування.

2.2.1.5 Підбір інвертора за потужністю змінного та постійного струму

А). Змінний струм.

Підбір сонячного інвертора для станції під зелений тариф здійснюється за номінальною потужністю відносно встановленої потужності сонячної електростанції. Наприклад: сонячна станція розрахована на 15 кВт, це означає що вибирається інвертор на 15 кВт або менше. При встановленні потужності ФЕС та оформленні документів, для Обленерго, саме дана характеристика є визначальною.

Б). Постійний струм.

Якісні інвертори мають можливість підключення сонячних панелей на 20-30% більше ніж інвертор може видати по змінному струму. Наприклад, інвертор Fronius Eco 27 видає по змінному струму 27 кВт, а по стороні сонячних панелей його можна навантажити на понад 37 кВт. Це дає можливість в похмуру погоду отримувати більше електричної

енергії, а також почати генерацію раніше та закінчити пізніше інших станцій. Проте, в пікові моменти інвертор обріже генерацію до 27 кВт. Економічний розрахунок показує, що за рахунок завищення потужності фотомодулів, сонячна електростанція працює значно ефективніше, а відповідно інвестиції повертаються значно швидше. При цьому небезпеки для інверторного обладнання не завдається. Приклад генерації електрики при такому підключенні на графіку.

2.2.2 Вибір інвертора

Користуючись умовами і порадами пункту 2.2.1 пояснювальної записки було обрано інвертор китайського виробника Trannerger TR14030RTL із

<https://alfa.solar/uk/merezhevij-invertor-30kvt-trannerger-trm030krtl-id236.html>

[2]



Рис.8 – Мережевий інвертор Trannerger TR14030RTL.

Технічні дані приладу занесено до таблиці 9:

Таблиця 9 - Технічні дані мережевого інвертора Trannerger TR14030RTL .

Параметри

Номінальна потужність P_n (AC), Вт	30000
Максимальна потужність P_{max} (DC), Вт	34500
Максимальна сила струму на стороні DC $I_{max.DC}$, А	45,5
Максимальна сила струму на стороні AC $I_{max.AC}$, А	48
Максимальна сила струму I_{max} , А	45,5
ККД, %	97,6
Кількість MPPT	2
Ступінь захисту IP	IP65
Комунікації, Wi-Fi	опціонально
Вага, кг	61,6
Ціна, грн	62106,4

Інвертор Trannergy TR14030RTL - Трифазний перетворювач струму вихідною потужністю 30 кВт розроблений китайською компанією "Транерджи" для комерційних фотоелектричних систем побутового та промислового типу. В умовах українського енергетичного ринку його можна використовувати як інвертор за "зеленим" тарифом. Він відрізняється високою продуктивністю, надійністю, довговічністю. Ще одна перевага пристроїв TRANNERGY - доступна ціна з відмінними робочими характеристиками.

2.2.3 Вибір захисної апаратури

Однією з важливих складових сонячної електростанції є її захист. Зрештою, навіть у випадках, коли сонячна електростанція ефективно та якісно спроектована, вона все ще загрожує аваріями через різні фактори. Джерелами аварій можуть бути такі фактори: вітрове навантаження, погана установка, навмисні пошкодження, удари блискавки, домашні тварини, несправне обладнання, неправильне перемикання тощо.

Всі ці зовнішні та внутрішні фактори можуть призвести до значних перебоїв в роботі сонячної електростанції.

Тому для забезпечення якісного захисту сонячної електростанції слід бути обережним заздалегідь, адже надійний захист буде запорукою ефективної роботи сонячних батарей. Враховуючи витрати на встановлення сонячних модулів та термін окупності, кожна сонячна електрична система повинна бути забезпечена автоматичними захисниками, особливу увагу слід приділити перетворювачу напруги (інвертору).

2.3.1 Вибір захисту на стороні постійного струму

Для збереження інвертора на стороні постійного струму використовують запобіжники, обмежувач від перенапруг (ОПН), та роз'єднувач перевантаження.

2.3.1 Вибір запобіжника

Запобіжник вибирається за наступними умовами:

$$1) I_{м.п} \cdot 1,4 \leq I_{н.з}, A, \text{ де}$$

$I_{м.п}$ - максимальний струм панелі із таблиці 2, $I_{м.п} = 9,1 A$;

$I_{н.з}$ – номінальний струм запобіжника.

$$2) U_{STC.п} \cdot 1,2 \cdot n_{п.с} \leq U_{н.з}, В \text{ де}$$

$U_{STC.п}$ – напруга холостого ходу панелі при нормальних умовах із таблиці 2;

$n_{п.с}$ - кількість панелей в стрінгу;

$U_{н.з}$ - номінальна напруга запобіжника.

Приймається до розрахунку запобіжник фірми СН 10х38, 10А/800В, 30 кА, технічні дані якого занесені до таблиці 11.

Таблица 10 - Технічні дані запобіжника СН 10х38, 10А/800В, 30 кА

Параметри	
Номінальний струм, А	10
Номінальна напруга, В	800
Вимикаюча здатність, кА	200
Ціна, грн	105

Перевірка запобіжника на умовами (1) і (2).

$$1) 9,1 \cdot 1,4 < 20 \text{ А},$$

$$12,7 < 20 \text{ А}.$$

$$2) 39 \cdot 1,2 \cdot 15 < 800 \text{ В},$$

$$702 < 800 \text{ В}.$$

Умови виконуються, отже запобіжник вибрано правильно.

При проектуванні було вирішено розбити 116 панелей на 8 стрінгів, це означає що на кожен стрінг буде встановлено по 2 запобіжника на «+» і «-».

Отже, до встановлення прийнято 16 х СН 10х38, 10А/800В, 30 кА.

2.3.1.2 Вибір обмежувача від перенапруг (ОПН) на стороні DC

Обмежувач перенапруг – це пристрій, який захищає систему від імпульсних перенапруг. Під час імпульсу великої напруги, ОПН обмежує його до пропускнуго, а залишок посилає на заземлення.

$$\frac{U_{m \cdot 1,1}}{1,73} \leq U_c, \text{ В, де}$$

U_m – найбільша напруга мережі;

U_c – напруга ОПН.

Приймається до установки трьохполюсний обмежувач від перенапруг типу ОПН Toyota FSP-D40, його технічні дані занесено до таблиці 11.



Рис. 9 - Обмежувач перенапруги ОПН Toyota FSP-D40.

Таблиця 11 - Технічні дані ОПН Toyota FSP-D40

Параметри	
Кількість полюсів	3
Номінальна напруга, В	1000
Максимальний розрядний струм, кА	40
Номінальний розрядний струм, кА	20
Рівень напруги захисту, кВ	2,5
Ціна, грн	1655

Перевірка за умовою (11):

$$\frac{1000 \cdot 1,1}{1,73} \leq 1000 \text{ В},$$

$$636 < 1000 \text{ В}.$$

Умова виконується, ОПН вибрано правильно.

2.3.1.3 Вибір роз'єднувача перевантаження

Роз'єднувачі та вимикачі-роз'єднувачі застосовують у розподільних пристроях для здійснення ручних операцій вмикання/вимикання електричних кіл. Ці апарати не забезпечують захист мереж від перевантажень та коротких замикань, тому у розподільних пристроях послідовно до цих апаратів приєднують запобіжники.

Роз'єднувач перевантаження обирається за наступних умов:

$$1) I_{н.м} \leq I_{н.р.п.}, \text{ А};$$

$$2) U_m \leq U_{н.р.п.}, \text{ В}.$$

Приймається до установки чотирьохполюсний роз'єднувач перевантаження типу LS 16 SMA A2 ETI, його технічні дані занесено до таблиці 13.



Рис. 10 - Чотирьохполюсний роз'єднувач перевантаження типу LS 16 SMA
A2 ETI

Таблиця 12 - Технічні дані LS 16 SMA A2 ETI

Параметри	
Номінальна напруга, В	1000
Номінальний струм, А	16
Ціна, грн	809

Перевірка за умовами (1) і (2).

- 1) $9,1 < 16 \text{ A}$;
- 2) $1000 = 1000 \text{ В}$.

Умови виконуються, роз'єднувач вибраний правильно.

2.3.1.4 Вибір електрощитка

Для розміщення апаратів захисту на стороні як постійного так і змінного струму використовують електрощитки. Їх вибирають за способом монтажу (навісні або внутрішні), за матеріалом виготовлення (металеві або пластикові), за кількістю встановлення модулів та IP виконанням.

В даному дипломному проекті було вирішено обрати два навісних металевих електрощитка на 24 модуля фірми ІЕК типу ЩУРн-3/24зо-1 36 УХЛЗ IP31 RAL 7035.



Рис. 11 - Електрощиток на 24 модуля фірми ІЕК типу ЩУРн-3/24зо-1 36 УХЛЗ IP31 RAL 7035.

2.3.2 Вибір захисту на стороні змінного струму (АС).

Для захисту електрообладнання на стороні змінного струму (АС) використовують: автоматичний вимикач, диференційне реле (УЗО) та ОПН.

2.3.2.1 Вибір автоматичного вимикача.

Автоматичний вимикач необхідний для захисту установки від короткого замикання зі сторони кабелів. Автоматичні вимикачі бувають однополюсні,

двохполюсні, трьохполюсні та чотирьохполюсні, при однофазній мережі використовують однополюсний автомат, при трьохфазній – трьохполюсний.

Автоматичний вимикач обирається за наступними умовами із [пункт]:

$$1). U_{н.інв} \leq U_{н.а.в}, \text{ де} \quad (14)$$

$U_{н.інв.AC}$ - номінальна напруга інвертора на стороні АС, із таблиці 8, $U_{н.інв.AC} = 380 \text{ В}$;

$U_{н.а.в}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача.

$$2). I_{max.AC} \leq I_{н.а.в}, \text{ де} \quad (15)$$

$I_{max.AC}$ – максимальний струм інвертора на стороні АС, із таблиці 8
 $I_{max.AC} = 48 \text{ А}$;

$I_{н.а.в}$ – номінальний струм автоматичного вимикача.

$$3). I_{max.AC} \leq 0,9 \cdot I_{розч}, \text{ де} \quad (16)$$

$I_{розч}$ – номінальний струм розчеплювача.

Приймається до установки автоматичний вимикач фірми ІЕК типу ВА 47-29 ЗР, технічні дані якого занесено до таблиці 12.



Рис. 12 - Автоматичний вимикач фірми ІЕК типу ВА 47-29 3Р.

Таблиця 13

Технічні дані автоматичного вимикача фірми ІЕК типу MVA20-3-063-C

Параметри	
Номінальна напруга $U_{\text{н.а.в.}}$, В	380
Номінальний струм $I_{\text{н.а.в.}}$, А	63
Номінальна вимикаюча здатність, кА	4,5
Клас відключення	C
Кількість полюсів	3
Ціна, грн	160

Перевірка за умовами (14), (15) та (16).

$$1). 380 = 380 \text{ В};$$

$$2). 48 < 63 \text{ A};$$

$$3). 48 < 0,9 \cdot 63 \text{ A};$$

$$48 < 56,7 \text{ A}.$$

Умови виконуються, автоматичний вимикач вибраний правильно.

2.3.2.2 Вибір диференційного реле (ПЗВ).

Пристрій захисного відключення – це пристрій, який захищає людину або тварину від ураження електричним струмом в разі дотику до корпусу або частини механізму електрообладнання, які опинилися під напругою через замикання на них фазного електричного струму.

Вибір ПЗВ виконується за наступною умовою із [ПУЕ]:

$$1). I_{\Delta} \leq I_{\Delta \text{ПЗВ}}, \text{ де} \quad (17)$$

I_{Δ} - струм витоку електроустановки, мА;

$I_{\Delta \text{ПЗВ}}$ – допустимий струм витоку ПЗВ, мА.

Розрахунок струму витоку електроустановки:

$$I_{\Delta} = I_{\Delta \text{ел.п}} + I_{\Delta \text{мережі}}, \text{ де} \quad (18)$$

$I_{\Delta \text{ел.п}}$ - струм витоку електроприймача, мА;

$I_{\Delta \text{мережі}}$ - струм витоку мережі, мА.

$$I_{\Delta \text{ел.п}} = 0,4 \cdot I_{\text{розр.}}, \text{ де} \quad (19)$$

$I_{\text{розр.}}$ – розрахунковий струм в ланцюзі, $I_{\text{розр.}} = I_{\text{max.AC}} = 48,3 \text{ A}$.

$$I_{\Delta\text{мережі}} = 0,01 \cdot L_{\Pi}, \text{ де} \quad (20)$$

L_{Π} - довжина фазного провідника від автоматичного вимикача до ПЗВ, приймається 0,2 м;

$$I_{\Delta\text{ел.п}} = 0,4 \cdot 48 = 19,2 \text{ mA};$$

$$I_{\Delta\text{мережі}} = 0,01 \cdot 0,2 = 0,002 \text{ mA};$$

$$I_{\Delta} = 19,2 + 0,002 = 19,202 \text{ mA}.$$

Приймається до установки чотирьохполюсний ПЗВ фірми EATON типу AC HNC-63/4/003 63A 30mA, технічні дані якого занесено до таблиці 14.



Рис. 13 - Чотирьохполюсний ПЗВ фірми EATON типу AC HNC-63/4/003 63A 30mA.

Таблиця 14

Технічні дані чотирьохполюсного ПЗВ фірми EATON типу AC HNC-63/4/003 63A 30mA

Параметри

Струм витоку $I_{\Delta ПЗВ}$, мА	30
Вимикаюча здатність, кА	4,5
Номінальний струм, А	63
Кількість полюсів	4
Ціна, грн	1113

Перевірка за умовою (17):

$$19,202 < 30 \text{ мА.}$$

Умова виконується, отже ПЗВ вибраний правильно.

2.3.2.3 Вибір обмежувача від перенапруг (ОПН) на стороні АС.

Вибір ОПН на стороні АС вибирається аналогічно умові (11) пояснювальної записки.

Приймається до установки трьохполюсний обмежувач від перенапруг фірми ІЕК типу ОПС1-В ЗР 20/40кА 400В, його технічні дані занесено до таблиці 15.



Рис. 14 – ОПН фірми ІЕК типу ОПС1-В ЗР 20/40кА 400В.

Таблиця 15

Технічні дані ОПН фірми ІЕК типу ОПС1-В ЗР 20/40кА 400В

Параметри	
Кількість полюсів	3
Номинальна напруга, В	380
Максимальний розрядний струм, кА	40
Номинальний розрядний струм, кА	20
Рівень напруги захисту, кВ	1,8
Ціна, грн	832

Перевірка на умову:

$$\frac{380 \cdot 1,1}{1,73} \leq 380 \text{ В};$$

$$241,6 < 380 \text{ В}.$$

Умова виконується, отже ОПН на стороні АС вибраний правильно.

2.4 Вибір електропроводки.

2.4.1 Вибір електропроводки на стороні постійного струму (DC).

Під час проєктування, було вирішено на стороні DC вибрати мідний одножильний кабель для фотогальванічних електричних установок, німецького виробника KBE Solar із (<https://rozetka.com.ua>), переріз жил кабелю становить 6 мм².

Кабель KBE Solar (фотоелектричний PV кабель H1Z2Z2-K) - гнучкий багатожильний ізолюваний кабель в подвійній оболонці зроблений у Німеччині, який призначений для підключення фотоелектричних модулів в сонячних електростанціях. Має спеціальну двошарову ізоляцію, яка допомагає захищати мідні луджені жили від всіх типів впливу навколишнього середовища (дощ, сніг, ультрафіолетове випромінювання, температурні перепади).

2.4.2 Вибір електропроводки на стороні постійного струму (АС).

Під час проектування, було вирішено на стороні АС вибрати алюмінієвий чотирьохжильний кабель марки АВВГ 3х4+1х2,5 з полівінілхлоридною ізоляцією, який складається з трьох провідників перерізом 4мм² і одного перерізом 2,5мм² із [\[https://vse-e.com/kabel-silovoj-avvg-34-125\]](https://vse-e.com/kabel-silovoj-avvg-34-125).

3. Двосторонні лічильники

Лічильники для сонячних батарей - це двонаправлені лічильники, які не вважають віддану в мережу електроенергію, як спожиту. Як ми вже згадували, не всі лічильники правильно реагують на передачу електроенергії від сонячних батарей назад в мережу. Більшість лічильників електроенергії, що застосовуються в Російській Федерації, є односпрямованим. У кращому випадку вони просто не враховують зворотний струм, але більшість лічильників додає віддану в мережу електроенергію до спожитої. Дані лічильники не вміють визначати напрямок передачі електроенергії (в мережу або з мережі) і вважають вважають суму відданої і спожитої енергії. Це призводить до того, що власник сонячної або вітряної електростанції за віддачу надлишків електроенергії в мережу зобов'язаний ще й заплатити за це електричних мереж.

Так звані двонаправлені лічильники - в основному трифазні, вважати можуть в 2 напрямках, але різницю жоден вважати не може. Або показують цифри туди і

назад окремо, або підсумовують (!) Їх (це залежить від модифікації лічильника).
Всі власники таких лічильників задовольняються тим, що з них не беруть гроші за віддану в мережу енергію, т. К. Все решта лічильники (однофазні і 3-фазні, за винятком СО-505) складають прийняте і віддане.

1. Лічильник електроенергії ACE 6000 5 (100) А з вбудованим модемом COM-900 із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua) [3]

Основні функціональні особливості:

- Багатотарифні вимірювання активної та реактивної енергії і потужності
- Вимірювання струму і напруги, частоти, $\cos \phi$ і та інших величин
- Висока точність і стабільність вимірювань

багатофункціональний дисплей

- Дистанційне або локальне зчитування даних, два комунікаційні порти, до 4управляючих / імпульсних вводів / висновків
- Захист від несанкціонованого доступу
- Комунікаційний протокол DLMS / COSEM



Рис 9 Лічильник електроенергії ACE 6000 5 (100) А

2. Лічильник електроенергії трифазний Gama 300 G3B з вбудованим модулем передачі даних MCL 5.10 (ELGAMA-ELEKTRONIKA) (144.230.F27) із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

Лічильник робить такі вимірювання:

- реєструє реактивну енергію при перевищенні ліміту $\text{tg } \varphi$;
- реєструє договірної ліміт потужності;
- активної енергії з кл. 1.0, кл 2.0;
- активної односпрямованої енергії - кл 1, кл 0.5s і реактивної - кл 2.0;
- максимумів потужності з відмітками дат і часу;
- профілю навантаження [Додатково];
- миттєві значення по кожній фазі.



Рис. 10- Лічильник Gama 300 G3B

3. Лічильник електроенергії ISKRA AM 550-T (ISKRAEMEKO) з вбудованим GSM / GPRS модемом із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

Нове покоління smart лічильників AM550, з новою платформою забезпечує безшовну інтеграцію smart функцій в smart grid. Лічильник оптимізований для інтелектуальних житлових і середніх комерційних приміщень і забезпечує максимальну гнучкість за допомогою:

Модульна зв'язок на рівнях WAN (P3) і HAN (P1)

Універсальний стандартний наскрізний інтерфейс зв'язку

Оптимізована нова метрологічна база з потужною вимірною концепцією "Вимірювання всього"



Рис.11-Лічильник ISKRA AM 550-T

4. Лічильник електроенергії ZMG 310 із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

Лічильник може застосовуватися для вимірювань в:

- однофазних мережах (1 фаза і нейтраль);
- двофазних мережах (2 фази і нейтраль);

- трифазних мережах з нейтраллю і без нейтралі.

Інтерфейси Лічильники марки E550 серії 2 підтримують два незалежних електричних послідовних інтерфейсу для обміну даними.

Лічильник підтримує інтерфейси RS232, RS485, RS422, струмовий петлю CS (20 мА) і спеціальне виконання RS232 з контактами харчування для зовнішнього модему. Інтелектуальне управління модемом Інтерфейс RS232 лічильника марки E550 серії 2 забезпечує інтелектуальне управління модемом:

- періодичний скид при зависаннях;
- ініціалізацію AT командами;
- перемикання GSM ↔ GPRS за розкладом (тимчасове вікно);
- відповідь тільки на фіксований набір.



Рис.11- Лічильник ZMG 310

5. Лічильник електроенергії трифазний EPQS з вбудованим модулем передачі даних із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

EPQS - багатофункціональний чотирехкватратний електролічильник з можливістю вимірювання якості електроенергії, що відповідає вимогам

стандартів IEC 62052-11, IEC 62053-22, IEC 62053-21, IEC 62053-23.

Модифікації лічильника можуть бути прямого включення (клас точності 1.0) або трансформаторного включення (класи точності 0.2s і 0.5s). EPQS може бути оснащений двома незалежними інтерфейсами електричного зв'язку, що дозволяє використання лічильника в складі різних АСКОЕ.



Рис.13-Лічильник EPQS

6. Лічильник електроенергії EMH LZQJ-XC із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua).
[3]

Лічильники серії LZQJ-XC були розроблені для широкого спектра споживачів. Завдяки всебічному тестуванню на стадії виробництва ці лічильники відрізняються надзвичайної надійністю. Лічильники з класом точності 0,2S і 0,5S підходять для точних вимірювань електричної енергії з мінімальним навантаженням (менше 1% $I_{ном.}$)

- 4-х провідний лічильник
- Широкий діапазон напруг (3x58 / 100 В ... 3x240 / 415 В)
- ток: 1 (6) А, 5 (10) А, 5 (100) А
- Класи точності: 0.2S, 0.5S, 1,0, 2,0

- Зміна активної та реактивної енергії в двох напрямках в багатотарифному режимі
- ЖК - дисплей з розширеними функціями
- 32 тарифних регістра енергії + 16 безтарифні регістрів, кожен з 15 попередніми значеннями Профіль навантаження - 32 каналу
- Профіль параметрів мережі - 25 каналів
- Електронний інтерфейс RS485, CL0 або RS232
- Вимірювання миттєвих значень
- Ведення журналів подій
- Аналіз якості мережі
- Розпізнавання несанкціонованого втручання (розтин кришки корпусу або клемника, вплив
- магнітним полем)
- Буферна батарея (зчитування даних і фіксація втручань при відсутності харчування)
- протокол Dlms
- Перевірка правильності установки лічильника
- Додаткове джерело живлення (48 ... 300В AC / DC)
- Установка додаткових змінних комунікаційних модулів



Рис.14-Лічильник EMH LZQJ-XC

7. Лічильники електроенергії однофазні Gama 300 G3Y з концентратором DC12.G2.DM4.L1.0.5.0 із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

Лічильник виробляє такі вимірювання:

- реєструє реактивну енергію при перевищенні ліміту $\text{tg } \varphi$;
- реєструє договірної ліміт потужності;
- активної енергії з кл. 1.0, кл 2.0;
- активної односпрямованої енергії - кл 1, кл 0.5s і реактивної - кл 2.0;
- максимумів потужності з відмітками дат і часу;
- профілю навантаження;
- миттєві значення по кожній фазі.



Рис.14-Лічильник Gama 300 G3Y

8. Лічильник електроенергії ISKRA AM 550-E із [\[https://shop.voltenergo.com.ua\]](https://shop.voltenergo.com.ua). [3]

Нове покоління smart лічильників AM550, з новою платформою забезпечує безшовну інтеграцію smart функцій в smart grid. Лічильник оптимізований

для інтелектуальних житлових і середніх комерційних приміщень і забезпечує максимальну гнучкість за допомогою:

- Модульна зв'язок на рівнях WAN (P3) і HAN (P1)
- Універсальний стандартний наскрізний інтерфейс зв'язку
- Оптимізована нова метрологічна база з потужною вимірювальної концепцією "Вимірювання всього"

Основні характеристики:

- Вимірювання активної та реактивної електроенергії за тарифами, в двох напрямках і абсолютних величин;
- Вимірювання напруги, струму, потужності, частоти;
- Змінні модулі інтерфейсів;
- Підтримка DLMS і специфікацій IDIS, G3-PLC;
- Захист від несанкціонованого доступу
- Реле управління навантаженням;
- Підтримка виносного дисплея;
- Додатковий інтерфейс M-Bus.
- Клас точності для активної енергії - 1 (ДСТУ EN 62053-21 діє до: 2015)
- Клас точності для реактивної енергії - 2 (ДСТУ EN 62053-23 діє до: 2015)
- Базовий (макс.) Ток - 5 (85) А;
- Номінальна напруга - 220 В;
- Номінальна частота - 50 Гц;
- Ступінь захисту корпусу - IP54;
- Габаритні розміри - 206x130x67 мм;
- Маса - 1,1 кг.



Рис.15-Лічильник ISKRA AM 550-E

4. Охорона праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проєктованого об'єкту

Об'єктом досліджування було вибрано електрощитову сонячної електростанції ФЕС 30 кВт. В приміщенні електрощитової знаходяться: апарат для перетворення постійного струму в змінний (інвертор), два електрощита на стороні постійного і змінного струму, кабелі вводу від панелей та виводу до мережі. Основними чинниками травматизму є ураження електричним струмом

До небезпечних факторів експлуатації сонячної електростанції можна віднести: ураження електричним струмом від незахищених ділянок електросистеми. До шкідливих відноситься: неякісне освітлення, та вдихання пилу.

4.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Проєктом передбачено виконання вимог, що враховують умови охорони праці, попередження травматизму, професійних захворювань, пожеж та вибухів

[4]. Для забезпечення охорони праці та пожежної безпеки проєктом передбачено:

- використання технічно досконалого обладнання; - монтажних робіт за технологічними картами. Будівництво ділянок ліній поблизу діючих електроустановок, що знаходяться під напругою, повинно виконуватися дотримуючись нормованих відстаней до працюючих машин і механізмів, їх належного заземлення та інших заходів, що забезпечують безпечне виконання робіт. У тих випадках, коли вимоги в частині відстані від елементів діючих електроустановок, що знаходяться під напругою, до працюючих механізмів виконати не можна, необхідно відключити і заземлити ці електроустановки.

Для забезпечення безпеки проведення робіт з технічного обслуговування обладнання передбачується огороження струмоведучих частин, необхідні ізоляційні відстані, механічні блокування, пристрої захисного заземлення, системи дистанційного управління. Все обладнання обрано стійким до електродинамічної і термічної дії струмів короткого замикання, а автоматичні вимикачі мають необхідну здатність відключення. Обране досконале сучасне надійне обладнання має низьку вірогідність загоряння. Основне обладнання ФЕС – фотоелектричні модулі вироблені з негорючих матеріалів.

Розрізняють основні й додаткові ізолювальні електрозахисні засоби. До основних належать такі електрозахисні засоби, ізоляція яких протягом тривалого часу витримує робочу напругу електроустановки до 1000 В – діелектричні рукавички, ізолювальні штанги, інструменти з ізольованими ручками, електровимірювальні кліщі, ізолювальні кліщі, покажчики напруги; а при роботі в електроустановках напругою понад 1000 В – ізолювальні штанги, струмовимірювальні та ізолювальні кліщі, покажчики напруги для фазування. Додаткові ізолювальні захисні засоби мають недостатні ізолювальні властивості, тому призначені лише для підсилення захисної дії основних засобів, разом з якими вони і застосовуються. До них належать: при роботах в електроустановках з напругою до 1000 В – діелектричні калоші, килимки, ізолювальні підставки; при роботах в електроустановках з напругою понад 1000 В – діелектричні рукавички,

боти, килимки, ізолювальні підставки [5]. Для виключення вірогідності ураження електричним струмом на всіх небезпечних ділянках розміщені попереджувальні плакати і таблички, вхід в приміщення обладнаний додатковою решіткою. Для уникнення поглинання пилу, забезпечені системи вентилявання та кондиціювання. Норма освітленості приміщення передбачена встановленим нормам виробничих середовищ.

4.3 Протипожежна профілактика

При оцінці пожежонебезпеки об'єкта дослідження, було встановлено категорію виробництва за пожежною безпекою - «Г», що встановлює такі нормативи:

«негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані» із [6].

За ступенем вогнестійкості об'єкт проектування відноситься до III категорії, що включає наступні нормативи: «Будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою чи негорючими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не ставляться вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку» із [7].

Для уникнення спалаху і розповсюдження вогню виконуються наступні вимоги: - забезпечення приміщення вогнегасником; забезпечення об'єкта дослідження протипожежною сигналізацією; встановлення куточка протипожежної безпеки, що включає в себе: план евакуації, заходи з техніки безпеки і правила поведінки людини під час спалаху.

4.4 Розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень

4.4.1. Мета розрахунку – вибрати систему освітлення, джерело світла і світильник, визначити кількість світильників для забезпечення нормованої освітленості і розмістити їх на плані приміщення.

4.4.2. Вихідні дані

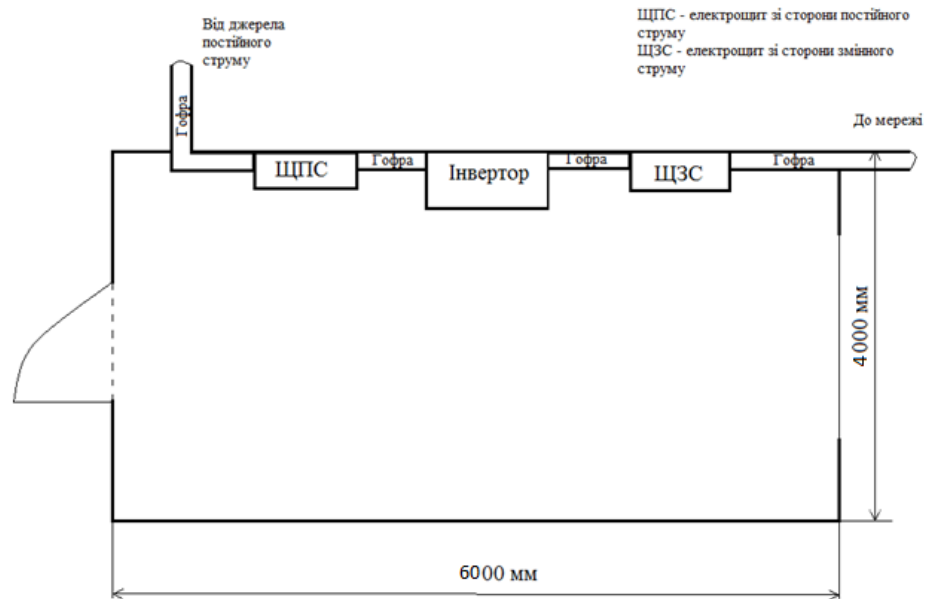


Рис.1 - План об'єкта, що захищається, з вказівкою основних розмірів і розміщення устаткування.

В даному приміщенні об'єкта проєктування відбувається перетворення електроенергії змінного струму в енергію постійного, для ефективного технічного обслуговування персоналу необхідне якісне освітлення. Площа приміщення $S = 24 \text{ м}^2$.

Розрахунок проведено методом коефіцієнта використання.

4.4.3 Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання виконується по формулі:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}, \text{ де} \quad (1)$$

Φ - необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику, лм;

E - нормована мінімальна освітленість, обумовлена по табл. 5.1 із [8] відповідно до розряду зорової роботи, лк;

S - освітлювана площа, м²;

k - коефіцієнт запасу, вибирається по табл. 5.4 із [8];

z - коефіцієнт мінімальної освітленості, величина якого знаходиться в межах 1,1 - 1,5 (при оптимальній відстані між світильниками до розрахункової висоти для ламп накаливання і ДРЛ, $z = 1,15$; для люмінесцентних ламп $z = 1,1$, прийнятих по табл. 5.4 із [8]);

N – загальна кількість світильників, шт..;

η - коефіцієнт використання світлового потоку.

$$N = N_p \cdot N_{cp}, \text{ де} \quad (2)$$

N_p - кількість рядів світильників, виходячи з розмірів приміщення;

N_{cp} - кількість світильників у ряді, шт.

Для визначення коефіцієнта використання η знаходять індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)}, \text{ де} \quad (3)$$

A – довжина приміщення, $A = 6$, м;

B – ширина приміщення, $B = 4$, м;

h – розрахункова висота підвісу.

$$N_p = \frac{A}{L_p}, \text{ де} \quad (4)$$

L_p – відстань між рядами світильників, м;

$$N_{cp} = \frac{A-l_c}{l_c}, \text{ де} \quad (5)$$

l_c - відстань між крайніми світильниками і стіною вибирається.

$$l_c = 0,25 \cdot L_p, \text{ м;} \quad (6)$$

$$L_p = \lambda \cdot h, \text{ де} \quad (7)$$

λ - коефіцієнт для світильників з типовими кривими, $\lambda = 2$, із таблиці 5.5 [8].

$$h = H - h_{зг} - h_{pn}, \text{ де} \quad (8)$$

H - висота приміщення, $H = 4$, м;

$h_{зг}$ - висота звису світильника (від перекриття, приблизно 0,2), м;

h_{pn} - висота робочої поверхні над підлогою (приблизно 0,8 м), м.

$$h = 4 - 0,2 - 0,8 = 3 \text{ м;}$$

$$L_p = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м;}$$

$$l_c = 0,25 \cdot 6 = 1,5 \text{ м;}$$

$$N_{cp} = \frac{6 - 1,5}{1,5} = 3 \approx 3 \text{ шт;}$$

$$N_p = \frac{6}{6} = 1 \approx 1 \text{ ряд;}$$

$$i = \frac{6 \cdot 4}{3 \cdot (6 + 4)} = 0,8,$$

отже $\eta = 0,7$ із таблиці 5.6 [8];

$$N = 3 \cdot 1 = 3 \text{ шт.}$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{3 \cdot 0,7} = 6171 \text{ лм}$$

Із таблиці 5.11 [8], приймаються люмінісцентні лампи 4хЛДЦ80-4, потужністю 80 Вт.

Під час проєктування було вирішено прийняти до установки два світильника типу ЛПП 2х80 із [9]. Місце розташування зображено в додатку 1.

5. Економічна частина

В даному дипломному проєкті стоїть задача забезпечити об'єкт проєктування екологічно чистим видом енергії завдяки розрахунку і вибору елементів 30 кВт-ої фотоелектричної сонячної станції, що представлені в розділі 2 пояснювальної записки. Реалізація цього проєкту дасть змогу частному підприємцю забезпечити себе електроенергією, а завдяки «Закону України про Зелену енергетику» [10] мати змогу окупити всю систему і в подальшому використовувати кошти за вироблену енергію на власні потреби.

В економічній частині даного дипломного проєкту стоїть задача підрахувати загальну вартість всієї системи.

5.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Розрахунок капітальних вкладень на спорудження ФЕС виконується за такими показниками: витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо; витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт; витрати, пов'язані з виконанням монтажно-налагоджувальних робіт;

витрати фінансових коштів на проведення проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення. Витрати на придбання обладнання зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Основні капітальні вкладення в проєкт

Найменування	Тип	Питомі капітальні витрати, грн./м (шт)	Довжина (кількість), м.(шт)	Капітальні витрати, грн
Сонячна панель	<u>Seraphim Solar</u> SRP-6PB-HV	3210	116	372360
Інвертор	Tranergy TR14030RTL	62106	1	62106
Запобіжник	CH 10x38, 10A/800B	105	16	1680
Обмежувач перенапруг (DC)	Toyama FSP-D40	1655	1	1655
Роз'єднувач перевантаження	LS16 SMA DC 21B	1265	1	1265
Автоматичний вимикач	BA 47-29 3P	160	1	160
Пристрій захисного відключення	EATON AC 63A 30mA	1113	1	1113
Обмежувач перенапруг (AC)	ОПС1-В 3Р 20/40кА 400В	832	1	832
Електрощит	ЩУРн-3/24зо-1 36 УХЛЗ ІР31	1090	2	2180
Кабель на стороні DC	KBE Solar	31	184	5704
Кабель на стороні AC	ABBГ 4x16 мм ²	10	5	50

Гофротруба	ПВХ 16 мм	2,30	110	253
Кріплення для труб	ДКС 16 мм	1,36	50	68
Кріплення для 116 фотомодулів	Solar Roof Systems	505,55	116	58580,6
Разом:				508006

Проектні капіталовкладення визначаються за наступною формулою із [11]:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum_{i=n}^k C_i) + Z_{\text{тзс}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{пр}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{об}}$ - вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення, із таблиці 1, $K_{\text{об}} = 508006$ грн;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$Z_{\text{м}}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{\text{н}}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{\text{пр}}$ – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{\text{тзс}}$) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів устаткування;
- виду транспортних засобів;

- транспортних тарифів;
- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;
- витрат на складську обробку.

Під час проєктування було вирішено встановити вартість транспортно-заготівельних витрат у вартості 3400 грн. Враховуючи відстань із міста до населеного пункту 100 км і час поїздки та розвантаження грузу із [12].

Витрати на монтажні (Z_m та на налагоджувальні роботи Z_n) можна визначити наступним чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{cm} \cdot K_{pr}, \quad (2)$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), осіб. При проєктуванні було вирішено, що монтаж електрообладнання буде виконувати 3 особи, два будівельника і один електромонтер 4-го розряду;

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн. Для електромонтера 4-го розряду тарифна ставка встановлюється 80 грн/год згідно з [7], а для будівельника 60 грн/год згідно з [13];

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год. Під час проєктування, було вирішено, що для монтажу і налагодження сонячної електростанції електрику знадобиться 4 доби по 8 робочих годин, а будівельникам 5 діб по 8 годин;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат, згідно із [12] і [13] премія за якісно виконану роботу буде становити 20 %, тобто $K_d = 1,2$;

$K_{\text{см}}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок, згідно з [14]

$$K_{\text{см}} = 1,22;$$

$K_{\text{ц}}$ – Ціна за цемент;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт, при проєктуванні було вирішено, що $K_{\text{пр}} = 1$.

$$\begin{aligned} Z_{\text{м(н)}} &= (1 \cdot 80 \cdot 32) \cdot 1,2 \cdot 1,22 \cdot 1 + (2 \cdot 60 \cdot 40) \cdot 1,2 \cdot 1,22 \cdot 1 + 5520 \\ &= 16294 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Інші одноразові вкладення грошових коштів ($Z_{\text{пр}}$) можуть включати витрати:

- на демонтаж застарілого обладнання;
- на проведення проєктно-конструкторських робіт;
- на підготовку персоналу;
- на придбання готового програмного забезпечення.

Під час проєктування, було вирішено, що одноразові вкладення грошових коштів для об'єкта проєктування не мають необхідності.

$$K_{\text{пр}} = 508006 + 3400 + 16294 = 527700 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі. До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);
- єдиний соціальний внесок ($C_с$);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_т$);
- вартість електроенергії, що буде спожита об'єктом проектування або втрат електроенергії (C_e);
- інші витрати ($C_{ін}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складуть, грн:

$$C = C_a + C_з + C_с + C_т + C_e + C_{ін}, \quad (3)$$

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації

визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості, грн:

$$\Phi_a = \Phi_{\pi} - Л, \quad (4)$$

де Φ_{π} - первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів, для сонячної електростанції первісна є вартість сонячних панелей, із таблиці [1], $\Phi_{\pi} = 372360$ грн.

$Л$ – ліквідаційна вартість сонячних панелей становить, під час проєктування було вирішено прийняти $Л = 0$.

$$\Phi_a = 372360 \text{ грн.}$$

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює, %:

$$H_a = \frac{\Phi_a}{\Phi_{\pi} \cdot T_{\pi}} \cdot 100, \quad (5)$$

де T_{π} – термін корисного використання, із таблиці 4.2 [11], $T_{\pi} = 15$.

$$H_a = \frac{372360}{372360 \cdot 15} \cdot 100 = 6,6 \%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом, грн:

$$АО = \frac{\Phi_a \cdot H_a}{100}, \quad (6)$$

$$АО = \frac{372360 \cdot 6,6}{100} = 24575 \text{ грн}$$

5.2.2. Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робітники, КСС), що обслуговує об'єкт проєктування, відповідно до їхньої чисельності, режиму роботи, за погодинними тарифними ставками, посадовими окладами, формами і системами оплати праці і преміювання, що застосовують на підприємстві. Основна заробітна плата працівників – це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки). Вона визначається тарифними ставками і відрядними розцінками, посадовими окладами для спеціалістів, службовців і керівників.

При визначенні основної заробітної плати робітників (за відрядною або погодинною формами оплати) необхідно знати погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду та розрахувати номінальний річний фонд робочого часу робітника.

Номінальний річний фонд робочого часу одного робітника F_H визначається відповідно до режиму його роботи (кількістю робочих днів і тривалістю зміни):

$$F_H = D_K \cdot T_{зм} - T_H, \quad (7)$$

де D_K – кількість календарних у році;

$T_{зм}$ – тривалість зміни;

T_H -

$$F_H = 365 \cdot 8 = 2000 \text{ годин}$$

При розрахунку заробітної плати інженерно-технічного персоналу слід враховувати, що вона визначається, виходячи з місячного посадового окладу. Так як об'єктом проєктування є школа, то в якості обслуговуючого персоналу буде

задіяна особа відповідальна за електропостачання будівлі. Завдяки автономності системи, не має потреби в постійному догляді за обладнанням, тому буде врахована доплата до основної заробітної плати. Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу занесено до таблиці 2.

Таблиця 2

Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка або денна заробітна плата, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, годин	Усього основна зарплата, грн/рік
1.	Електромонтер 4-го розряду	1	1	45	4800	21600
ВСЬОГО						21600

Плата за виклик – це винагорода за особливі умови праці. До додаткової заробітної плати належать премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій за діючими на підприємстві преміальними системами, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством (за роботу в нічний і вечірній час, у важких і шкідливих умовах, за багатозмінний режим роботи, за керівництво бригадою незвільненим бригадирам, за навчання учнів тощо).

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 8-10% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_z = Z_{\text{дод}} + Z_{\text{п}}, \quad (4.8)$$

$Z_{\text{дод}}$ – доплата до основної заробітної плати за обслуговування станції за рік, із таблиці 2, $Z_{\text{дод}} = 21600$ грн;

Z_{Π} – преміальні кошти, 8-10 % від основної заробітної плати з урахуванням доплати, $Z_{\Pi} = 10420$ грн;

$$C_3 = 21600 + 10500 = 32100 \text{ грн.}$$

5.2.3 Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок визначається на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати, тому згідно з [15] єдиний соціальний внесок буде становити 22%.

5.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними станції. Розрахунок буде проведено на прикладі мережевого інвертора. Витрати на поточний ремонт можна розрахувати за наступною формулою:

$$C_T = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i \cdot \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi}), \quad (4.9)$$

де n – число пристроїв, що підлягають ремонту, $n = 1$;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, із формули 2,
 $R_i = 70$ грн/год;

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії складності ремонту в одну ремонтну одиницю залежно від виду ремонту, із формули 4.9 [2], $t_i = 1,2$ год./од.;

m_i – число ремонтів за рік, із формули 4.9 [2], $m_i = 0,1$;

$R_{\Sigma i}$ – сумарна категорія складності ремонту в залежності від виду електрообладнання, для мережевого інвертора складає $R_{\Sigma i} = 3,5$;

S_i – вартість однотипних замінних елементів, $S_i \approx 1550$ грн.;

Π_i – кількість однотипних замінних елементів, $\Pi_i = 1$;

T_i – середній термін служби деталей даного типу, $T_i = 88650$ год.;

T_{ϕ} – число годин роботи апаратури на рік, $T_{\phi} = 3650$ год.

$$C_T = (70 \cdot 1,2 \cdot 0,1 \cdot 3,5) + \left(\frac{1550 \cdot 1}{88650} \cdot 3650 \right) = 93 \text{ грн/рік}$$

5.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу об'єкта проектування та втрат електроенергії, так як сонячна електростанція генерує електроенергію самостійно і працює автономно, вартість спожитої електроенергії не враховується.

5.2.6. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Згідно з практикою ці витрати визначаються у розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

Отже інші витрати будуть складати 1280 грн/рік.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складуть, грн:

$$C = 24575 + 32100 + 24006 + 93 + 1280 = 82054 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок окупності системи

Розрахунок окупності системи виконується спираючись на Закон України «Про електроенергетику», згідно [1] з 01 січня 2020 року ціна на електричну енергію для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання наземними об'єктами електроенергетики, величина встановленої потужності яких є меншою або дорівнює 10 МВт– 351,68 коп/кВт·год (без ПДВ), отже спочатку розраховується ціна за електроенергію по зеленому тарифу за рік.

5.3.1 Ціна за електроенергію по зеленому тарифу за рік, розраховується за наступною формулою:

$$З_{з.т} = \frac{\sum E_{рік} \cdot E_3}{1000},$$

де $\sum E_{рік}$ – річний рівень інсоляції для 30 кВт-ної ФЕС, із таблиці [7] пояснювальної записки;

E_3 – ціна на електричну енергію по зеленому тарифу.

$$З_{з.т} = \frac{36672,82 \cdot 3,3268}{1000} = 122 \text{ тис. грн}$$

5.3.2 Строк окупності розраховується за наступною формулою:

$$T_{окуп} = \frac{З_{заг} \cdot 1,2}{З_{з.т}},$$

де $Z_{\text{заг}}$ – загальна ціна на капітальні витрати із таблиці (15) пояснювальної записки.

$$T_{\text{окуп}} = \frac{499622 \cdot 1,2 + 82054}{122} = 5,58 \approx 5 \text{ років і 6 місяців.}$$

5.4 Висновок

Отже за результатами розрахунку економічної частини, строк окупності 30 кВт-ої фотоелектричної сонячної станції становить 5 років і 6 місяців, що являється хорошим результатом так як тариф на зелену енергетику не буде змінюватися до 2025 року згідно з [1], а це означає що строк окупності не зміниться протягом періоду експлуатації станції.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Приведено приклад реалізації системи комерційного обліку сонячної електростанції відповідно встановлених нормативно-технічних вимог. Вказано на основні технічні рішення для побудови системи та функціональні можливості системи в залежності від рівня системи нижнього чи верхнього. Зазначені умови введення автоматизованих систем обліку електроенергії в експлуатацію.

Була сформульована постановка задачі на дипломний проект. Далі розраховано і вибрано фотоелектричні панелі також вони зрівнювалися по ціновим та функціональним характеристикам, обрано мережевий інвертор, апарати захисту, кабелі на високій та низькій стороні. Всі вище перераховані елементи ФЕС було обрано по методичним вказівкам. Насамперед проаналізовано небезпечні явища та шкідливі чинники проекту, вказано протипожежну профілактику та розраховано штучне освітлення для електрощитової. Розраховано загальну вартість всієї ФЕС, ціна за електроенергію по зеленому тарифу за рік та прогнозований строк її окупності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки та індивідуальні завдання до самостійної роботи з дисципліни “ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ” для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / І.М. Луценко, Є.В. Кошеленко, П.С. Циган, – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2019. – 20 с.
2. <https://alfa.solar/uk/merezhevij-invertor-30kvt-trannergy-trm030ctl--id236.html>.
3. [<https://shop.voltenergo.com.ua>].
4. <http://www.hrebinka.org.ua/data/files/new/Аналітична%20записка.pdf>;
5. ПУЕ „Правила улаштування електроустановок”. Розділ 1 Загальні правила. Гл.1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки. – К.: ОЕП ”ГРІФЕ”,

2006.– 77 с.;

6. https://pidruchniki.com/1154010338224/bzhd/otsinka_vibuhopozhezhonebezpek_i_obyekta;
7. https://dbn.co.ua/publ/konstruktivni_kharakteristiki_vid_stupenja_vognestijkosti/16-1-0-550;
8. Методичні вказівки з виконання розрахункової частини розділу „Охорона праці” в дипломних проектах студентів інституту електроенергетики. Частина 1 /Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Я.Я. Лебедев, В.Є. Колесник – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2004. – 34 с.;
9. <https://led-story.com/g56568380-osveschenie-promyshlennyh-kommercheskih>;
10. Закон України «Про електроенергетику»| від 16.10.1997 № 575/97-ВР.
11. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / НТУ «Дніпровська політехніка», каф. ПЕПтаПУ. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 16 с.
12. <http://gruzoperevoz.dp.ua/#автопарк>
13. <https://dnepropetrovsk.flagma.ua/gruzoperevozki-do-5-tonn-6-metrov-dnepr-o8357456.html>
14. http://cons.parus.ua/_d.asp?r=08ZNHabba2f89d0e39a4af94bef7040e55f90
15. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2464-17>